



График изменения температуры внутреннего воздуха в помещении:
 заданное значение температуры – 1; при наличии колебаний температуры наружного воздуха – 2; при наличии колебаний температуры наружного воздуха и дополнительных тепловых поступлений от человека, присутствие которого имеет случайный характер – 3

Представленные модели и алгоритмы определяют процедуру оптимального управления температурой теплоносителя для поддержания заданного значения температуры внутреннего воздуха в тепловой зоне. Они синтезируют методы динамического программирования теории оптимального управления и методы расчета отопительных систем.

Библиографический список

1. Оптимизация и оптимальное управление: учеб. пособие / Э.К. Аракелян, Г.А. Пикина; под ред. Т.Е. Щедеркиной. М.: МЭИ, 2003. 356 с.
2. Оптимальное управление системами / Э.П. Сейдж, Ч.С. Уайт, III; под ред. Б. Р. Левина. – М.: Радио и связь, 1982. 392 с.
3. Ртищева А.С. Моделирование теплового режима и оптимизация теплopotребления здания высшего учебного заведения / А.С. Ртищева // Проблемы теплообмена и гидродинамики в энергомашиностроении : материалы 5-й науч.-техн. конф. Казань, 2006. С. 247-250.

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВОЗДУХООБМЕНОМ В ЗДАНИИ

Ртищева А.С.

Ульяновский государственный технический университет

al.rtisheva@mail.ru

Важными параметрами комфортного микроклимата в здании, которые можно регулировать, являются: относительная влажность воздуха и концентрация вредных веществ в воздухе. Автоматическое управление воздухообменом в общественных, административных или промышленных зданиях ограничивает потребление как электрической, так и тепловой энергии на создание комфортных параметров микроклимата в помещениях таким ее количеством, которое необходимо для поддержания некоторых заданных значений или заданного графика их изменения во времени (реализация суточного или недельного регулирования). Новизну в задачах управления воздухообменом на сегодняшний

день составляет применение методов теории оптимального управления, в частности принципа максимума Понтрягина.

Для относительной влажности воздуха в помещении также можно записать балансовое уравнение в виде

$$\rho V \frac{d\omega}{d\tau} = \rho V'_{\text{инф}} (\omega_n - \omega) + \rho V'_{\text{вент(конд)}} (\omega_{\text{зад}} - \omega_n) + W_{\text{ист}} + \rho \sum_{j=1}^T V'_j (\omega_j - \omega), \quad (1)$$

где V – объем помещения; ρ – плотность воздуха; $V'_{\text{инф}}$ – объемный расход воздуха с инфильтрацией; $V'_{\text{вент(конд)}}$ – объемный расход воздуха, обеспеченный системой вентиляции (кондиционирования); V'_j – массовый расход воздуха при воздухообмене с соседним помещением; ω – относительная влажность воздуха в рассматриваемом помещении; ω_i – относительная влажность наружного воздуха; $\omega_{\text{зад}}$ – заданное значение относительной влажности воздуха, поставляемого системой вентиляции (кондиционирования); ω_j – относительная влажность воздуха соседнего помещения; $W_{\text{ист}}$ – внутренние влагопоступления.

Таким образом, уравнение управления относительной влажностью воздуха в помещении будет иметь вид

$$\frac{d\omega}{d\tau} = -a\omega + b_1 V'_{\text{вент(конд)}} + \xi_1. \quad (2)$$

где $a = \frac{V'_{\text{инф}} - V'_j}{V}$; $b_1 = \frac{\omega_{\text{зад}} - \omega_n}{V}$; ξ_1 – внешние возмущения, влияющие на относительную влажность внутреннего воздуха.

В общем случае выражение (2) можно представить в векторной форме:

$$\frac{d\mathbf{W}}{d\tau} = -\mathbf{A}\mathbf{W} + \mathbf{B}_1 V'_{\text{вент(конд)}} + \xi_1. \quad (3)$$

Для нахождения функции оптимального управления $V'^*_{\text{вент(конд)}}$ воспользуемся принципом максимума (минимума) Понтрягина, при этом будем считать, что на объемный расход воздуха системы вентиляции (кондиционирования) наложено ограничение, которое характеризуется предельной мощностью вентиляторов: $V'_{\text{вент(конд)}} \leq V'_{\text{max}}$ [1, 2].

Критерием качества целесообразно выбрать потребление электрической энергии на работу вентиляторов, которую следует привести к минимуму.

Запишем функцию Гамильтона в виде

$$\Gamma = H + \lambda(\tau) \left(-a\omega + b_1 V'_{\text{вент(конд)}} + \xi_1 \right), \quad (4)$$

где H – мера ошибки; $\lambda(\tau)$ – множитель Лагранжа.

Таким образом, оптимальное управление будет иметь вид

$$V'^*_{\text{вент(конд)}} = \begin{cases} V_{\text{max}}, & \lambda < -\frac{1}{b_1} \\ 0, & -\frac{1}{b_1} < \lambda < 0 \end{cases}. \quad (5)$$

Следует отметить, что полученный результат должен быть согласован с результатами моделирования оптимального управления концентрацией вредных веществ во внутреннем воздухе.

Для концентрации вредных (к примеру, углекислого газа) в воздухе помещения также можно записать балансовое уравнение в виде

$$V \frac{dn}{d\tau} = V'_{\text{инф}} (n_n - n) + V'_{\text{вент(конд)}} (n_{\text{доп}} - n_n) + M_{\text{ист}} + \sum_{j=1}^T V'_j (n_j - n), \quad (6)$$

где n – концентрация вредных в воздухе рассматриваемого помещения; n_i – концентрация вредных в наружном воздухе; $n_{\text{доп}}$ – допустимая (заданная) концентрация вредных в воздухе помещения; n_j – концентрация вредных в воздухе соседнего помещения; $M_{\text{ист}}$ – внутренние поступления вредных.

Таким образом, уравнение управления концентрацией вредных веществ в воздухе помещения будет иметь вид

$$\frac{dn}{d\tau} = -an + b_2 V'_{\text{вент(конд)}} + \xi_2, \quad (7)$$

где $b_2 = \frac{n_{\text{доп}} - n_n}{V}$; ξ_2 – внешние возмущения, влияющие на концентрацию вредных веществ во внутреннем воздухе.

В общем случае выражение (8) можно представить в векторной форме:

$$\frac{dN}{d\tau} = -AN + B_2 V'_{\text{вент(конд)}} + \xi_2. \quad (8)$$

Функцию оптимального управления $V'^*_{\text{вент(конд)}}$ находим аналогично предыдущему пункту. При этом

$$V'^*_{\text{вент(конд)}} = \begin{cases} V'_{\text{max}}, & \lambda < -\frac{1}{b_2} \\ 0, & -\frac{1}{b_2} < \lambda < 0 \end{cases}. \quad (9)$$

При одновременном регулировании концентрации вредных веществ в воздухе и относительной влажности требуется выполнение следующий условий: при $b_2 > b_3$ будет выполняться только (5), при $b_2 < b_3$ будет выполняться только (9).

Представленные модели и алгоритмы определяют процедуру оптимального управления воздухообменом в здании. Они синтезируют принципы и методы, разработанные Л.С. Понтрягиным, и методы расчета воздухообмена в зданиях. Их преимуществом является возможность учета случайных факторов, влияющих на микроклимат. Полученные результаты могут быть использованы в качестве научно-методической базы проектирования систем оптимального управления микроклиматом.

Библиографический список

1. Оптимизация и оптимальное управление: учеб. пособие / Э.К. Аракелян, Г.А. Пикина; под ред. Т.Е. Щедеркиной. М.: МЭИ, 2003. 356 с.
2. Оптимальное управление системами / Э.П. Сейдж, Ч.С. Уайт, III; под ред. Б.Р. Левина. М.: Радио и связь, 1982. 392 с.